

ISPITIVANJA PONAŠANJA ZGRADA GRAĐENIH YTONGOM U SEIZMIČKIM UVJETIMA

Miha Tomažević

Zavod za gradbeništvo Slovenije
Dimičeva 12, 1000 Ljubljana, Slovenia
e-mail: miha.tomazevic@zag.si

Xella Porobeton HR, d.o.o., Zagreb
Stručni skup Zagreb - Split 2010



Sadržaj

- Uvod i namjena ispitivanja
- Modeliranje
- Izrada modela
- Seizmičko opterećenje i ispitivanja
- Rezultati ispitivanja i pretvaranje na prototipne zgrade
- Zaključci

Xella Porobeton HR, d.o.o., Zagreb
Stručni skup Zagreb - Split 2010



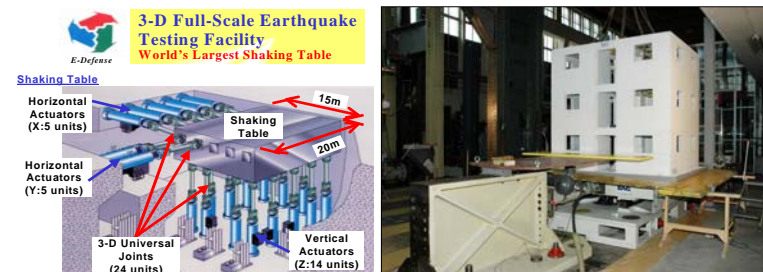
Namjena ispitivanja

- Istražiti ponašanje zgrada građenih Ytongom kod potresnog opterećenja
- Provjeriti mogućnost optimizacije konstrukcijskog sistema. Omeđeno zide (raspored, dimenzije i armatura vertikalnih serklaža), stropne konstrukcije (bijeli strop)
- Provjeriti i/ili utvrditi vrijednosti nekih projektnih parametara (kapacitet deformacija i disipacije energije: faktor ponašanja konstrukcije q)
- Učvrstiti povjerenje za građenje sa porastim betonom u potresnim područjima

Xella Porobeton HR, d.o.o., Zagreb
Stručni skup Zagreb - Split 2010



Modelska ispitivanja



Velika platforma (Miki, Japan): prototip

Jednostavna platforma (ZAG): model zgrade 1:4

Xella Porobeton HR, d.o.o., Zagreb
Stručni skup Zagreb - Split 2010



Modelska ispitivanja

Prednosti

- Modelska ispitivanja su jednostavnija i jeftinija od ispitivanja prototipa
- Upotrebljava se jednostavnija višenamjenska oprema
- Globalno ponašanje konstrukcije može se pouzdano simulirati
- Tehnika modeliranja može se prilagoditi stvarnim mogućnostima

Manjkavosti

- Ograničenje mjerila zbog tehnoloških ograničenja
- Ne mogu se ispitati konstrukcijski detalji

Xella Porobeton HR, d.o.o., Zagreb
Stručni skup Zagreb - Split 2010



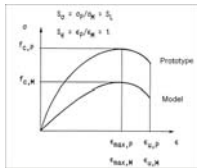
Glavni uslovi za uspjeh modelskih ispitivanja

- **Sličnost dinamičkog ponašanja**
sličnost raspodele masa i krutosti po visini prototipa i modela
- **Sličnost rušnog mehanizma**
sličan odnos između stvarnih napona i čvrstoće materijala u prototipu i modelu

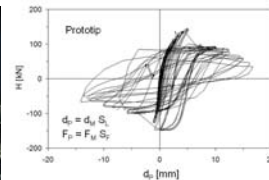
Xella Porobeton HR, d.o.o., Zagreb
Stručni skup Zagreb - Split 2010



Odnos između mehaničkih osobina prototipa i modela

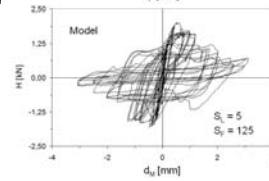


Prototip



$$q_p = q_m S_q$$

Model



Xella Porobeton HR, d.o.o., Zagreb
Stručni skup Zagreb - Split 2010

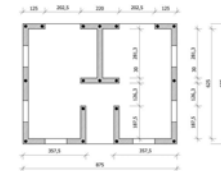


Opis prototipne zgrade



Zgrada	1	2	3
Broj etaža	3 + mansarda	3 + mansarda	4 + mansarda
Stropna konstrukcija	Bijeli strop	Armiranobetonske ploče	Armiranobetonske ploče
Φ vertikalnih serklaža	16 cm	16 cm	10 cm
Smjer potresnog opterećenja	Y	X	X

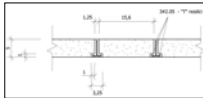
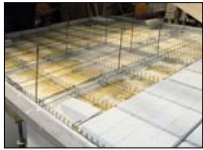
- Dimenzije u tlocrtu 6.85 m/8.75 m
- Etažna visina 2.50 m
- Debljina zidova 30 cm, dimenzije blokova 62.5/25/30 cm
- Ploština zidova: 5.8 % od tlocrta u x-smjeru i 8.3 % od tlocrta u y-smjeru
- Položaj vertikalnih serklaža prema EC 8



Xella Porobeton HR, d.o.o., Zagreb
Stručni skup Zagreb - Split 2010



Materiali i izrada modela 1:4



- Za zidanje zidova upotrebljen je Ytong material ($f_{b,M} = 1,59 \text{ Mpa}$) i ljepilo
- Za betoniranje stropnih ploča i vertikalnih serklaža upotrebljen je mikrobeton odgovarajuće čvrstoće
- Za armiranje upotrebljena je armatura prototipnog kvaliteta no smanjenog presjeka
- Bijeli strop modeliran je što je moguće tačno
- Modele su izradili zidari-instruktori Xella porobeton SI

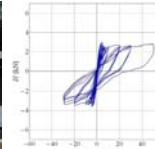


Xella Porobeton HR, d.o.o., Zagreb
Stručni skup Zagreb - Split 2010

ZAG

Prethodna ispitivanja

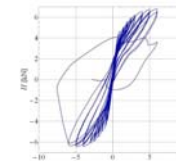
Utvrdjivanje mehaničkih osobina materiala
Ispitivanje zidova sa cikličnim opterećenjem



Bez vertikalnih serklaža:
savijanje, mala nosivost



Određivanje diagonalne čvrstoće na zatezanje

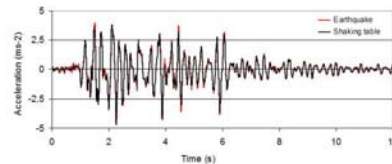
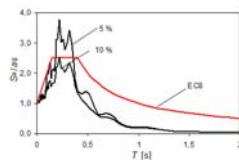


Sa vertikalnim serklažima:
smicanje, velika nosivost

Xella Porobeton HR, d.o.o., Zagreb
Stručni skup Zagreb - Split 2010

ZAG

Seizmičko opterećenje



- N-S komponenta registracije ubrzanja potresa u Crnoj Gori 1979 (Petrovac, Hotel Oliva, PGA 0 0.43 g)
- Da bi se postigla bolja sličnost između spektra odgovora potresa i projektnog spektra po EC 8, vreme trajanja potresa je skraćeno na pola
- Modeli su ispitani u fazama sa postepeno povećanim intenzitetom ekscitacije sve do početka loma

Xella Porobeton HR, d.o.o., Zagreb
Stručni skup Zagreb - Split 2010

ZAG

Instrumentiranje modela i priprema na ispitivanje



Posle pričvršćivanja modela na platformu, na stropne ploče stavljena je dodatna masa, koja simulira manjkajuću stalnu težinu i pokretno korisno opterećenje

Modeli su instrumentirani sa akcelometrima i meračima pomaka

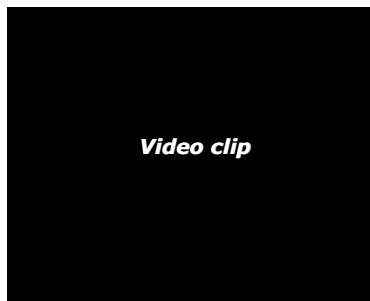
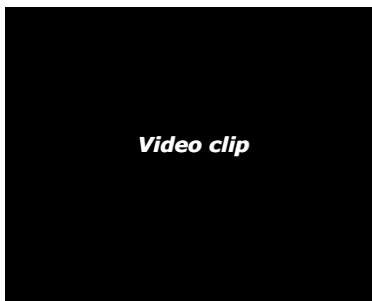
Xella Porobeton HR, d.o.o., Zagreb
Stručni skup Zagreb - Split 2010

ZAG

Ispitivanje na seizmičkoj platformi

Model M2

Model M3



Modeli su ispitani u fazama sa postepeno povećanim intenzitetom ekscitacije sve do početka loma

Xella Porobeton HR, d.o.o., Zagreb
Stručni skup Zagreb - Split 2010



Mehanizam ponašanja

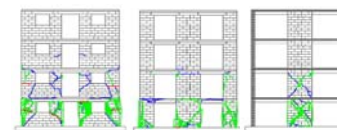
M1



M2



M3



Xella Porobeton HR, d.o.o., Zagreb
Stručni skup Zagreb - Split 2010

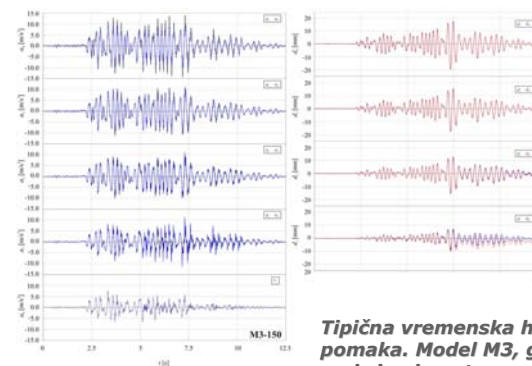
Funkcija vertikalnih serklaža



Xella Porobeton HR, d.o.o., Zagreb
Stručni skup Zagreb - Split 2010



Dinamički odgovor



Tipična vremenska historija ubrzanja i pomaka. Model M3, granično stanje maksimalne otpornosti

Xella Porobeton HR, d.o.o., Zagreb
Stručni skup Zagreb - Split 2010

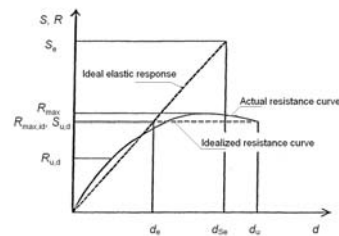


Faktor ponašanja q

Projektno seizmičko opterećenje:

$$A_{Ed} = S_d(T) m = A_{Ee} / q = S_e(T) m / q$$

$S_e(T)$ = elastični spektar ubrzanja
 $S_d(T)$ = projektni spektar ubrzanja
 q = faktor ponašanja konstrukcije



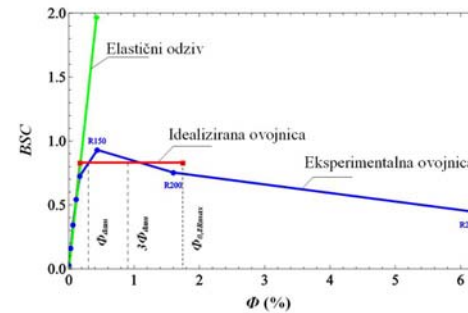
$$q = S_e / S_{u,d}$$

$$q = (2\mu_u - 1)^{1/2}$$

Xella Porobeton HR, d.o.o., Zagreb
 Stručni skup Zagreb - Split 2010

ZAG

Faktor ponašanja q



Model M3

Xella Porobeton HR, d.o.o., Zagreb
 Stručni skup Zagreb - Split 2010

ZAG

Faktor ponašanja q

Model	$q = BSC_e / BSC_{max}$ (eskp. kriva)	$q = BSC_e / BSC_u$ (ideal. kriva)	$q = (2\mu_u - 1)^{1/2}$
M1	1,87	2,05	2,23
M2	1,17	1,30	4,69
M3	2,12	2,37	3,08

Xella Porobeton HR, d.o.o., Zagreb
 Stručni skup Zagreb - Split 2010

ZAG

ZAKLJUČCI

- Ispitivanja su pokazala da će se zgrade, građene Ytongom u sistemu omeđenog zida visine 3-4 etaže, ponašati adekvatno u seizmičkim područjima gdje projektno ubrzanje tla ne bude veće od 0,35 g (ubrzanje na čvrstom tlu 0,25 g, faktor tla $S = 1,4$).
- Ispitivanja su pokazala važnu ulogu vertikalnih serklaža koji kod materijala sa visokim odnosom između čvrstoće na zatezanje i čvrstoće na pritisak bitno poboljšaju kako kapacitet nosivosti tako i kapacitet duktilnosti zidova. Kod граничног stanja rušenja, vertikalni serklaži su spriječili raspadanje zidova i obezbjedili integritet konstrukcije.
- Ispitivanja su potvrdila očekivano ugodno ponašanje zgrada, građanih Ytongom u sistemu omeđenog zida. Na osnovu rezultata ispitivanja može se zaključiti, da je ponašanje Ytong zgrada u seizmičkim uvjetima ravnopravno ponašanju drugih vrsta zidanih zgrada jednake veličine.

Xella Porobeton HR, d.o.o., Zagreb
 Stručni skup Zagreb - Split 2010

ZAG

ZAKLJUČCI I PREPORUKE

- *Iako bijeli strop ne ispunjava zahtjeve propisa, ispitivanja su pokazala da za vreme potresa djeluje kao kruta horizontalna dijafagma, koja povezuje zidove i raspoređuje seizmičke sile prema krutostima zidova. U bijelom stropu nije bilo oštećenja ni u fazi rušenja konstrukcije*
- *Iako presjek vertikalnih serklaža nije bio sasvim u skladu sa propisima, serklaži su u potpunosti odigrali svoju ulogu. Međutim zbog tehnoloških zahtjeva i zaštite armature od korozije preporučuje se, da promjer serklaža ne bude manji od 150 mm, a količina armature ne manja od zahtjevana u EC 8.*
- *Na osnovu rezultata ispitivanja može se preporučiti, da se za određivanje projektnih seizmičkih sila za zgrade, građene Ytongom u sistemu omedenog zida, upotrebljava faktor ponašanja konstrukcije $q = 2,5$.*

Xella Porobeton HR, d.o.o., Zagreb
Stručni skup Zagreb - Split 2010



HVALA NA PAŽNJI!

Xella Porobeton HR, d.o.o., Zagreb
Stručni skup Zagreb - Split 2010

